

国家“973”项目 (2013CB227903) 资助

水体下 薄基岩近距离厚煤层组 安全采煤技术

祁和刚 许延春 吴继忠 著



煤炭工业出版社

国家“973”项目(2013CB227903)资助

水体下薄基岩近距离厚煤层组 安全采煤技术

祁和刚 许延春 吴继忠 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

水体下薄基岩近距离厚煤层组安全采煤技术 / 祁和刚, 许延春, 吴继忠著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2015

ISBN 978-7-5020-4942-3

I. ①水… II. ①祁… ②许… ③吴… III. ①水下采煤—厚煤层采煤法—安全技术 IV. ①TD823.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 204035 号

水体下薄基岩近距离厚煤层组安全采煤技术

著 者 祁和刚 许延春 吴继忠
责任编辑 张江成 杨晓艳
责任校对 姜惠萍
封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898 (总编室)
010-64018321 (发行部) 010-84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 北京郑庄宏伟印刷厂
经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 17 插页 5 字数 403 千字
版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
社内编号 7788 定价 50.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010-84657880

内 容 提 要

本书介绍了近年来水体下薄基岩近距离厚煤层组安全采煤技术、理论和方法的新成果。主要包括全软覆岩弹塑性力学模型及矿压特征、近距离厚煤层组覆岩破坏规律、覆岩内部采动变形特征、深部土工程特征及水体下安全开采判据、开采对湖堤的影响与湖堤维护、松散含水层下薄基岩综放安全开采、工作面突水防治技术和水体下采煤三维动态模拟系统等知识。

本书可供煤矿工程技术人员、从事水体下采煤的科技人员使用，也可供高等院校相关专业师生参考。

前 言

近距离厚煤层组高产高效矿井的水体下采煤，具有开采强度大、覆岩破坏剧烈复杂、矿井抵抗水害能力较弱、水灾损失大等特点，是众多煤矿面临的技术难题。近距离厚煤层组水体下采煤采用放顶煤或一次采全高时，其安全煤（岩）柱的留设方法和安全评价准则等与普采、厚煤层分层综采相比也有明显差异，对采煤的技术标准和安全要求更为严格。因此，迫切需要对赋存近距离厚煤层组煤矿水体下采煤的安全生产技术加以系统研究，为煤矿水体下采煤提供技术保障。

本书以微山湖矿区赋存近距离厚煤层组的煤矿为例，对其水体下采煤过程中所涉及的安全、技术措施进行了系统论述，重点论述了全软覆岩弹塑性力学模型的建立、近距离厚煤层组覆岩破坏规律、松散层内部采动变形规律、水体下安全开采判据、松散含水层下薄基岩综放安全开采技术、工作面突水防治技术等内容。

本书的出版获得了国家“973”项目——“煤矿重大地质灾害和环境损伤的预测与控制理论（2013CB227903）”的资助。

在本书的编写过程中，得到了中国中煤能源集团有限公司、中国矿业大学（北京）、上海大屯能源股份有限公司等单位的科技人员的鼎力相助，在此向以上单位的洪益清、陈忠辉、温德华、刘世奇、袁秋东、柳昭星、张沛顶、刘德平、谢小锋、禹云雷、薛黎明、路丰光、周永、张旗等同志深表谢意。同时，向本书所引用和转述的参考文献的作者表示诚挚的敬意。

由于著者水平有限，错误与不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

著 者

2015 年 5 月

目次

1 概述	1
1.1 国内外水体下采煤研究现状	1
1.2 水体下采煤存在的问题及研究对象	4
2 微山湖矿区简介	6
2.1 矿区地质条件	6
2.2 矿区水文地质条件	9
2.3 煤层条件	13
2.4 微山湖湖水溃入煤矿途径分析	14
3 全软覆岩弹塑性力学模型及矿压特征	16
3.1 全软覆岩定义及其断裂特征	16
3.2 全软覆岩基本顶弹塑性力学模型	19
3.3 薄基岩工作面矿压特征及预测	29
4 近距离厚煤层组覆岩破坏规律	46
4.1 覆岩“两带”高度的观测方法	46
4.2 覆岩岩性、结构特征	53
4.3 上层煤覆岩破坏规律实测成果	61
4.4 下层煤覆岩破坏特征实测	62
4.5 覆岩破坏规律分析	65
4.6 控制覆岩破坏“两带”高度的主要因素	67
5 覆岩内部采动变形特征	73
5.1 松散层内部采动变形特征	73
5.2 覆岩内部采动变形规律	112
5.3 湖(河)床采砂的探测与安全性评价方法	133
6 深部土工程特征及水体下安全开采判据	145
6.1 第四系地层	145
6.2 区域松散层结构	150

6.3	深部黏土的隔水性	157
6.4	砂土的渗溃性	168
6.5	水体下安全开采的隔水层判据	175
6.6	大屯矿区微山湖下安全采煤论证	181
7	开采对湖堤的影响与湖堤维护	201
7.1	地表移动变形简述	201
7.2	采矿对湖堤影响的预测	217
7.3	受影响湖堤的维护方法	223
8	松散含水层下薄基岩综放安全开采	225
8.1	安全煤(岩)柱留设方法	225
8.2	厚煤层组松散含水层下安全煤(岩)柱留设	232
8.3	孔庄煤矿综放工作面提高开采上限的实践	239
8.4	龙东煤矿防砂煤(岩)柱开采实践	242
9	工作面突水防治技术	245
9.1	徐庄煤矿7199工作面突水防治	245
9.2	封闭不良钻孔突水	252
10	水体下采煤三维动态模拟系统	255
10.1	水体下采煤三维动态模拟系统简介	255
10.2	三维动态模拟系统的功能	255
10.3	湖下开采三维模拟制作	261
	参考文献	262

1 概 述

1.1 国内外水体下采煤研究现状

1.1.1 水体下安全采煤

1. 国内研究情况

我国早在 20 世纪 50 年代就开始了水体下采煤的系统研究和实践,已经取得了众多的实践经验和理论成果,已成功地进行了河流、湖泊、水库、海洋、松散含水层、基岩含水层、岩溶等各种水体下的安全采煤^[1-3]。在第三、第四系松散含水砂层及其上覆地表水体下的开采方面,安徽、江苏、山东、河北、吉林等省的矿区进行了大量试验研究;在地表河流、江湖、水库及塌陷积水区等水体下的开采方面,龙口海下、小浪底水库、阜新清河、河北绵河、本溪太子河、广西合山南洪水库及微山湖等大型水体下开采取得了成功;在河堤下开采及河堤维护方面,淮河西岸矿区堤下开采、兖州泗河堤下开采的经验可供借鉴。对覆岩破坏规律的研究,主要实测导水裂缝带和垮落带(以下简称“两带”)高度,结合有限元和相似材料模拟试验成果,形成计算公式或类比法对“两带”高度进行预测。

以煤炭科学研究总院刘天泉院士为代表的一批学者,通过几十年对覆岩破坏机理的实测、试验和研究,对影响“两带”发育的因素及时间过程有了较明确的认识,现已形成了分层综采,以及普采的各类覆岩条件下的预计公式,以及露头区安全煤(岩)柱的留设方法^[4-8],科学地指导了许多煤矿水体下的采煤试验。通过大量现场试验验证了松散弱含水层下实现防砂保护层开采的可行性,对扩大煤炭资源的回收意义重大。中国矿业大学(北京)的许延春教授多年来始终致力于“三下”开采的研究,提出了综放开采防水煤(岩)柱的留设方法^[9],总结了综放开采“两带”高度预计公式^[10],提出了保护层“有效隔水厚度”的概念及留设标准和安全评价方法^[11],发明了砂土渗溃性的试验装置与评价方法等。中国矿业大学的隋旺华教授等人采用多因素拟合,建立了近风化煤层开采的决策模型^[12,13]。近年来,杨本水、桂和荣等学者致力于受松散含水层威胁煤层的绿色开采机理研究^[14,15],获得了很大的经济效益。马伟民、郝庆旺等提出了采动岩体空隙扩散模型,以及节理损伤的力学模型^[16]。王金庄、吴立新教授研究了连续大面积开采条件下托板控制岩层变形模型^[17]。姜福兴教授提出了“岩层质量指数”^[18]。高延法教授提出了岩移“四带”模型等^[19],对解释和计算“两带”的形状和高度具有较大帮助。原淮南矿业学院杨本水、桂和荣等在含水层下缩小防护煤柱的开采机理与途径方面进行了深入研究^[20],在淮北百善矿系统地开展了松散层下部为中等含水层而底部无黏性土隔水层条件下,留设防砂煤柱开采的试验研究,对两淮新区近 10 亿 t 防水煤柱压煤和其他矿区条件类似矿井松散层水体下压煤的开发,具有重要的指导意义。

2. 国外研究情况

世界主要产煤国对水体下采煤进行了长期研究,并根据本国实际制订了相关规程与规定。

英国矿业局早在 1968 年就颁布了《海下采煤条例》,对覆岩的组成、厚度、煤层采高,以及采煤方法等作了相应的规定,并规定在海下留设的煤(岩)柱高度必须大于 60 m。

波兰通过抽水试验,确定了用下部含水层的水文地质参数,以及井下开采动态参数来确定煤(岩)柱的合理高度,规定了在含水层下采煤,煤(岩)柱高度为 8 倍采高。

日本曾有 11 个矿井进行过海下采煤,海下采煤的水患防治措施严密,针对松散层的组成与赋存厚度作了允许与禁止开采的规定,规定留设煤(岩)柱高度为采高的 30 ~ 100 倍。

澳大利亚西澳大利亚州科利煤田在 130 ~ 160 m 的松散含水层下采煤,通过抽水试验,用下部含水层的水文地质参数,以及井下开采动态参数来确定煤(岩)柱的合理高度,进行了松散含水层下采煤试验等。

美国则对煤柱回收提出了适合特定水文地质条件的设计方案。

苏联于 1973 年出版了《确定导水裂缝带高度方法指南》,于 1981 年颁布了有关水体下开采的规程,根据覆岩中黏土层厚度、煤厚、重复采动等条件的变化来确定安全采深,以及安全煤(岩)柱的尺寸。

南斯拉夫维伦杰褐煤矿在地表水体下采用垮落或分段垮落的长壁采煤法采掘厚度达 500 m 的第四系多含水层系统覆盖的褐煤层,并取得了成功^[21]。

目前,我国在水体下安全采煤的理论水平、试验方法和实践规模等方面均达到国际领先水平。

1.1.2 薄基岩覆岩破坏规律

1. 国内研究现状

钱鸣高和宋振骥两位院士分别建立了砌体梁理论和运动岩梁理论。这两大矿压理论各有特色,砌体梁理论注重岩梁的结构形式,而运动岩梁理论注重岩梁的运动和破坏过程。运动岩梁理论还强调工作面推进方向和纵向岩梁之间的结构模型和协调关系^[22,23]。

近年来,钱鸣高院士等总结多年的研究成果,提出了以岩层控制为中心的“关键层”理论^[24,25],采场上覆岩层的变形、破坏、离层等一系列矿压显现规律主要是坚硬岩层中关键层在起作用。关键层在破断前是弹性地基梁,在破断后为砌体梁结构,支架工作荷载与采高大小无明显关系,由于直接顶的整体刚度小,给定变形压力小所致。

国内对于薄基岩煤层开采问题的研究,基本上是从 20 世纪 80 年代神府东胜煤田的开发而开始的。一般认为薄基岩导水裂缝带的范围为 15 ~ 20 倍煤厚。

1991 年,西安矿业学院矿山压力研究所对大柳塔煤矿 C202 试采工作面进行了实测。1993 年,石平五、侯忠杰开始对大柳塔煤矿 1203 工作面进行观测,得出了薄基岩在厚砂覆盖层作用下的整体切落是顶板破断运动的主要方式^[26]。1995 年印度辛格南尼煤炭公司从中国煤矿工程机械装备集团进出口公司购置了综采成套设备,我国专家赵宏珠对印度薄基岩煤层长壁开采矿压规律进行了研究,根据支架与围岩相互作用原理和矿井具体条件,建立了液压支架受载力学模型。1995 年侯忠杰教授分别以两端固支梁及受矸石支撑的悬

臂岩梁建立了初次来压和周期来压的力学模型。1999 年侯忠杰教授又在“关键层”理论的基础上,通过对大柳塔煤矿 1203 工作面 and 灵武矿务局灵新矿 LS114 工作面的观测,根据薄基岩煤层的特点提出了“组合关键层”的理论^[27]。

黄庆亨等人在对浅埋薄基岩煤层工作面实测和模拟的基础上,提出了初次来压基本顶的非对称三铰拱结构^[28-30],认为基本顶初次来压时关键层破断一般表现为非对称破断,推进侧岩块长,开切侧岩块短,两岩块的长度比约为 1.5,并提出了周期来压的“台阶岩梁”结构,指出了“短砌体梁”结构和“台阶岩梁”结构的水平力都随块度的增大而减小,工作面上方基本顶岩块的荷载基本上由前支点承担。两类顶板结构都将出现滑落失稳,这是浅埋煤层工作面周期来压强烈和出现台阶下沉的根本原因之一。

张世凯等人以大柳塔煤矿首采工作面矿压实测为基础,对厚松散层薄基岩近水平煤层顶板来压机理、形式和上覆基岩垮落规律进行了分析,给出了全厚切落式支架支护阻力计算方法及公式^[31]。

辽宁工程技术大学的李凤仪和梁冰通过研究鄂尔多斯神东公司煤田,提出了初次来压过程的 3 个组成阶段,构建了“承压砌块”模型,阐述了周期来压机理,论述了工作面支护设计原理及支架工作阻力计算方法^[32]。

张俊云等通过对东胜补连塔煤矿 2211 工作面大比例立体相似模拟试验及现场矿压的观测,得出当基岩厚度与采高之比 $K_m > 15$ 时,采场上覆岩层分为垮落带、裂缝带,在工作面前方基岩不再出现拉伸裂隙,厚松散层也不再成为影响工作面矿压显现的重要层的结论^[33]。

中国矿业大学许家林教授等通过专门设计的物理模拟试验装置及数值模拟试验方法,研究了华东矿区厚松散层薄基岩条件下,在工作面回采过程中采场发生压架事故的原因。根据司马煤矿首采工作面的现场条件,中国矿业大学方新秋等综合采用实验室试验、理论分析、数值模拟和现场实测的方法,研究了薄基岩放顶煤工作面上覆岩层运动规律,得出了在其他条件不变的情况下,“砌体梁”结构是否稳定主要取决于基岩厚度和上覆表土层的力学性质及厚度,具有较大承载力的厚黏土层能与薄基岩组合形成稳定结构,降低稳定结构所需最小基岩厚度,并在此基础上建立了薄基岩工作面结构力学模型^[34]。上述薄基岩仍然可存在关键层,基岩中存在构成梁、板等力学结构的硬岩层。

本书所述工作面为水体下留设防砂、防塌安全煤(岩)柱开采的浅部工作面,工作面的基岩厚度大部分在垮落带范围,一般为几米至 30 余米(表 1-1)。基岩大部分由风化带组成,强度大幅度降低,接近散体,不能构成梁、板等力学结构。其上为第四系松散层,形成全软覆岩结构,该类型覆岩目前尚没有建立结构力学模型。

2. 国外研究现状

国外开采薄基岩煤层的煤田并不多见,且基本都是浅埋煤层,其中较为典型的是莫斯科近郊煤田和美国阿巴拉契亚煤田,印度和澳大利亚也在开采薄基岩浅埋煤层。最早研究薄基岩浅埋煤层矿压显现规律的是苏联的 M·秦巴列维奇,他根据莫斯科近郊浅埋煤层条件提出了台阶下沉假说。此外,苏联的 B·B·布德需克曾在 1981 年探讨过埋深 100 m 顶板为厚黏土层条件下,顶板垮落时产生动载现象,来压十分猛烈。20 世纪 80 年代初,澳大利亚的 B·霍勃尔依特博士等对新南威尔士安谷斯坡来斯煤矿浅部长壁开采的一些矿压

现象进行了实测。

进入 20 世纪 90 年代以后，澳大利亚的 L. Holla 等还对新南威尔士浅埋煤层长壁开采的顶板岩层移动进行了观测研究。英国和美国为控制浅部开采所造成的地表塌陷，多采用房柱式开采，主要进行了地表岩层移动和采前地层地震波探测与工程地质评价等研究工作。印度和南美有些国家也因缺乏有关技术而未能采用长壁开采，主要开展了房柱式开采地表沉陷预计和煤柱荷载确定的研究工作。

表 1-1 松散含水层下薄基岩采煤实例

煤矿名称	含水层	工作面	采高/m	采煤方法	最小基岩厚度/m	安全煤(岩)柱类型
枣庄新安煤矿	粗砂, 含黏砂砾, $k=0.32 \sim 0.54 \text{ m/d}$, $q=0.0508 \sim 0.114 \text{ L/(s} \cdot \text{m)}$	3103(1)	2.4	综采	18.7	防砂
		3 _上 102	4.5	综放	24.0	防砂
		3107	8.7	综放	43	防砂
大屯孔庄煤矿	砂砾, 砾石层, $k=0.51 \text{ m/d}$, $q=0.076 \text{ L/(s} \cdot \text{m)}$	7501	4.6	综放	42.3	防砂
大屯龙东煤矿	砂层	7128	5.35	综放	27.83	防塌
兖州兴隆庄煤矿	中粗砂和砾石, $k=3.893 \sim 5.20 \text{ m/d}$, $q=0.652 \sim 1.179 \text{ L/(s} \cdot \text{m)}$	4301	8.5	综放	51	防砂
兖州杨村煤矿	黏土质砂砾、中砂、细砂, $k=0.023 \sim 0.36 \text{ m/d}$, $q=0.0023 \sim 0.061 \text{ L/(s} \cdot \text{m)}$	301	6.4	综放	50	防砂
		301	4.0	综放限厚	35	防砂
		301	3.0	综采一分层	30	防砂
枣庄柴里煤矿	砂砾, 砾石层	326 _(3下)	3.10	综采	12	防塌
淮北朱仙庄煤矿	砂层	870	8.0	综采	14.7	防塌

国内外对于常规采场矿压以及薄基岩煤层矿压显现的研究，均建立在基岩具有单层或数层坚硬岩层（梁）的基础上。对于厚松散层条件下的无关键层、全软覆岩煤层开采的顶板破断规律和力学模型的研究还处于空白状态。

1.2 水体下采煤存在的问题及研究对象

目前，我国水体下安全采煤主要面临以下科技问题：①尚没有无关键层、全软覆岩工作面结构力学模型；②尚没有近距离厚煤层组覆岩破坏规律的实测成果及特征研究；③大型地表水体下安全开采机理及判据尚不完善；④缺乏湖（河）床采砂对浅部工作面安全开采影响的实测装置与评价方法等。

微山湖矿区矿产资源丰富，已探明煤炭储量 127 亿 t，是我国重点煤炭生产基地之一，煤炭富集区多集中在滨湖区域，总含煤面积为 3402 km²。微山湖矿区的多个大型煤炭企业长期进行湖区下采煤，其中包括大屯矿区的孔庄矿、姚桥矿、龙东矿和徐庄矿，枣庄矿区的新安矿、高庄矿、付庄矿，兖州矿区的济宁三号矿，以及崔庄矿等多个地方煤矿，主

要开采二叠系的7号、8号煤层（或3_上号、3_下号煤层），为近距离厚煤层组或特厚煤层开采。薄基岩工作面开采主要受微山湖地表水体和第四系松散层底部含水层水体的威胁。

微山湖下采煤主要面临以下技术难题：第一，微山湖下采煤的矿井虽然没有发生过湖水泄入井下的水灾事故，但此前没有进行过深入、系统的机理研究，特别是在厚煤层组高强度采动影响下，黏土隔水层（组）的隔水性削弱的研究；第二，矿井由分层综采发展为综放开采或一次采全高高效开采，从上层煤（7号煤层）开采延深到下层煤（8号煤层）开采，导致覆岩破坏强度增大，由此引发新的安全问题；第三，第四系松散含水层露头区留设安全煤（岩）柱压滞煤量大，原设计分层开采条件下留设80 m安全煤（岩）柱，其中姚桥矿东翼在基岩厚度为20~80 m的区域压滞煤量约为7号煤层580万t，8号煤层450万t；第四，微山湖矿区无序采砂破坏了湖床土层阻隔水性。

2011—2013年，中国中煤能源集团有限公司重点项目“微山湖下安全开采关键技术研究”，以及上海大屯能源股份有限公司的“大屯矿区微山湖下采煤安全性评价”和“姚桥煤矿东翼8号煤层露头区提高开采上限可行性研究”项目，同时受国家“973”项目“高强度开采重大地质灾害的形成机理与预测”课题的资助，课题组与中国矿业大学（北京）合作开展科技攻关研究“水体下薄基岩近距离厚煤层组安全开采关键技术及在微山湖矿区的应用”。项目成果促进了微山湖区域煤矿的安全生产，有利于大屯矿区的可持续发展 and 经济效益的稳步增长，社会效益和经济效益重大。同时，全软覆岩工作面力学模型，近距离厚煤层组覆岩破坏规律，以及多项发明专利等，可减少松散含水层向矿井溃水、溃砂事故的发生，可减少煤矿人员的伤亡，也可填补水体下采煤理论的空白，提高和完善水体下采煤技术。

2 微山湖矿区简介

2.1 矿区地质条件

微山湖矿区主要包括：大屯矿区、枣庄矿区和兖州矿区的个别矿井和地方煤矿。它们的地质、采矿条件类似。

以下以大屯矿区为例介绍地质、采矿条件。大屯矿区自 20 世纪 80 年代进入湖区开采以来，姚桥煤矿、孔庄煤矿和徐庄煤矿已经成功开采了 140 多个工作面，开采煤炭达 7000 万 t。在 30 多年的开采中并未发生湖水溃入井下的事故。

2.1.1 矿区特征

上海大屯能源股份有限公司（以下简称大屯公司）位于江苏省徐州市沛县境内，隶属于中国中煤能源集团有限公司。目前大屯公司拥有姚桥煤矿、孔庄煤矿、徐庄煤矿和龙东煤矿等 4 对生产矿井，核定生产能力为 910 万 t/a。其中，姚桥煤矿、徐庄煤矿、孔庄煤矿 3 对矿井从 20 世纪 80 年代末开始，按照矿井开拓部署陆续进入微山湖下开采。由于潜水水位高，龙东煤矿开采后采空区地表积水与微山湖湖水贯通。

矿区交通方便，有徐（州）沛（屯）铁路专用线，在沙塘与陇海铁路接轨，全长 82.87 km。矿区内公路四通八达，徐州—济宁省级公路纵贯矿区南北，矿区连通中心区和各矿的公路、铁路通畅。京杭大运河从矿区东部通过，可供 100 吨级机船常年航行，水路交通也较方便。矿区分布及交通位置如图 2-1 所示。

井田地貌属黄淮冲积平原，为第四系松散层覆盖地区，地势较平坦，地表广泛分布古黄河泛滥的砂质黏土，地形西高东低。陆地地面高程大部分为 33.0 ~ 35.5 m，东部微山湖湖底高程为 32.0 m 左右，井田内湖堤高程为 38.8 ~ 40.0 m，历年最高洪水水位为 37.01 m（1957 年）。

2.1.2 地层

大屯矿区为全掩盖式煤田，属华北型石炭—二叠系含煤地层，在太古界的结晶基底上沉积了震旦系、寒武系、中下奥陶统地层。由于加里东运动的影响，上奥陶统至下石炭统地层缺失，在中奥陶统的侵蚀面上，广泛沉积了上石炭统、二叠系、侏罗系、白垩系（地层不全）、第三系、第四系等地层。

（1）震旦系（Z）。该地层在徐州附近广泛出露，下震旦统为灰褐色泥岩、粉砂岩、石英细砂岩；中震旦统为青灰、紫灰色泥岩、砂质泥岩及灰黑色致密状含叠层石灰岩；上震旦统为黄绿、紫红色泥岩、砂岩、细晶白云岩、叠层石灰岩及竹叶状灰岩。与上覆地层呈整合接触。

（2）寒武系（Є）。该地层厚度大于 700 m，下部为紫红色页岩、砂质泥岩和细晶灰岩，上部为砾状、竹叶状、鲕状灰岩和灰~深灰色结晶灰岩，产三叶虫化石。与上覆地层

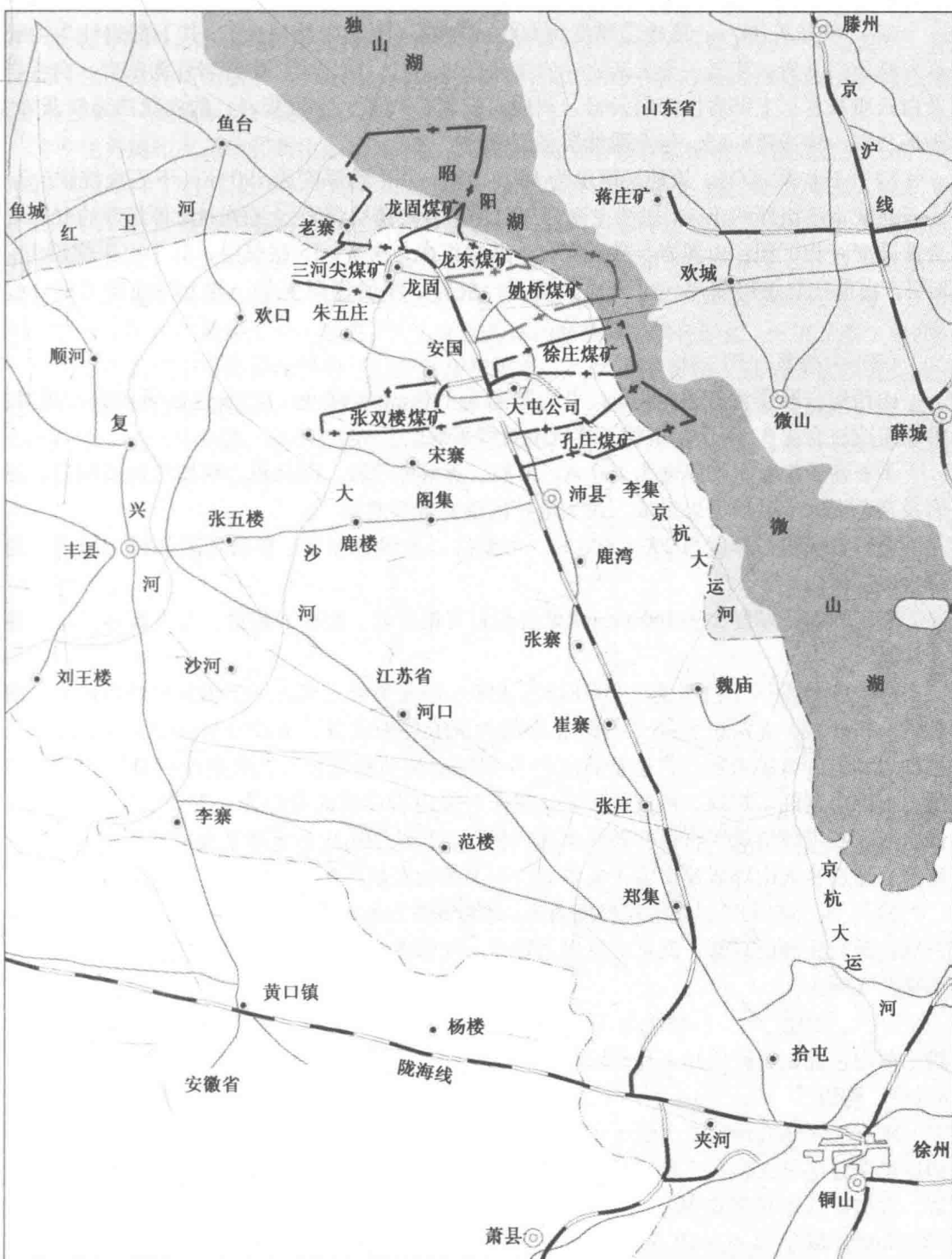


图 2-1 矿区分布及交通位置

呈整合接触。

(3) 奥陶系 (O)。该地层厚度为 600 m 左右 (上奥陶统缺失), 其下部岩性为白云岩、砾质白云岩、灰岩、含云灰岩、岩溶角砾岩、白云质泥岩; 中部岩性为灰岩、白云岩及白云质灰岩; 上部岩性为白云岩、灰质白云岩、灰岩、含云灰岩、豹皮状白云质灰岩、砾屑灰岩、构造角砾岩。与上覆地层呈假整合接触。

(4) 石炭系 (C)。该地层厚度为 180 ~ 200 m, 平均厚度为 190 m (下石炭统缺失)。中石炭统本溪组厚约 30 m, 岩性主要为灰白色灰岩夹薄层泥岩; 上石炭统太原组厚约 160 m, 为海陆交互相沉积, 由泥岩、砂质泥岩、灰岩组成, 夹 6 ~ 15 层煤层, 其中可采煤层 1 ~ 3 层, 由南往北煤层变厚, 可采层数增多, 灰岩层厚度逐渐变小。与上覆地层呈整合接触。

(5) 二叠系 (P)。

山西组: 厚度为 70 ~ 148 m, 平均厚度为 110 m。由灰色、深灰色砂质泥岩、泥岩、砂岩组成, 含煤 3 ~ 4 层, 沉积了本区主要可采煤层。

下石盒子组: 平均厚度为 100 m, 由灰、灰绿色砂岩, 深灰色、灰黑色砂质泥岩、泥岩及杂色泥岩、砂质泥岩组成, 为大屯矿区重要含煤地层。

上石盒子组: 厚度为 200 ~ 600 m, 由紫红、灰绿色泥岩、砂质泥岩和砂岩组成。局部含多层薄煤。

石千峰组: 厚度大于 100 m, 由紫红色石英粗砂岩、粉砂岩组成。与上覆地层呈不整合接触。

(6) 上侏罗、下白垩统 ($J_3 + K_1$)。该地层厚度为数千米。下部为紫红色中砂岩、细砂岩及粉砂岩, 夹两组 5 ~ 6 层砾岩; 中部为灰绿色粉砂岩、细砂岩与粉砂岩互层及浅灰色砂岩和粉砂质黏土岩, 含植物化石碎片和瓣鳃类动物化石, 在鲁西南有辉绿岩侵入其中; 上部由紫红、灰绿、灰黄色砂岩、泥岩、安山岩、玄武安山岩、安山玢岩、辉绿岩、淡水灰岩和煤线组成, 含植物和淡水动物化石。该地层由山东至本区逐渐增厚, 均以红色碎屑岩建造和火山碎屑建造为主要特征。与上覆地层呈不整合接触。

(7) 第三系 (R)。该地层厚度为 0 ~ 1500 m, 以红色砂质泥岩为主, 中上部为褐色、灰绿色泥岩夹薄层石膏, 偶见油页岩和煤线, 与侏罗系、白垩系不易区别。与上覆地层呈不整合接触。

(8) 第四系 (Q)。该地层厚度为 0 ~ 490 m, 以冲积相、湖积相为主, 由棕黄、黄褐、灰白色黏土、砂质黏土及砂层组成, 底部常有砂砾石层。

2.1.3 构造

大屯矿区在大地构造上位于华北地台的东南部, 鲁西隆褶带和徐蚌褶皱束之间, 秦岭构造带东延部分的北支, 新华夏系第二隆起带的西侧, 第二沉降带的东侧, 东邻郯庐大断裂。大屯矿区东起峰山断层, 西至嘉祥断层, 南起丰沛断层, 北至鳧山断层, 面积约 3500 km²。距今 18 亿 ~ 19 亿年的吕梁 (中条) 运动, 形成了本区前震旦系古老的结晶基底, 沉积了震旦系 (Z)、寒武系 (Є)、下中奥陶统 (O)、中上石炭统 (C)、二叠系 (P)、侏罗白垩系 (K + J)、第三系 (R) 和第四系 (Q) 地层。古生代期间, 加里东运动和海西运动使华北地区完成了由海到陆的变迁, 并在晚古生代由海向陆变迁的过程中,

形成了重要的石炭二叠系含煤建造。该含煤建造早期受 SN 向挤压，主要构造线方向为 EW 或近 EW 向，如北部鳊山复背斜、南部丰沛复背斜和夹在两者之间的丰沛复向斜，伴之而产生的是鳊山断裂和丰沛断裂等区域性断裂，以及次一级的石楼沛县断层、徐庄断层、三河尖~姚楼断层、程楼断层等。

中生界的印支运动和燕山运动表现为强烈的断裂变动和岩浆活动，构造线的方向转为 NE~NNE 向，产生了近 SN 向的峰山、嘉祥、孙氏店、师砦等区域性断裂构造，控制了中生界沉积，至喜马拉雅期早第三系，大屯矿区又继承了老构造盆地，在欢口向斜南部沉积了含盐地层——师砦盐盆。区域内古构造应力场经历了压张~压扭性变迁，既有继承性又有长期构造作用稍有偏转，形成了复杂的断裂构造格局。NE 向断裂呈右行雁列，并分别与原近 EW 向的断裂汇合，形成了大屯矿区特殊的断裂构造组合形式——嵌状断裂组合。

大屯矿区位于丰沛复向斜内，由于受新华夏系强烈的改造影响，经过多次反复运动，使各种构造形迹互相迁就，时而 NEE 向，时而 EW 向，时而 NWW 向弧形展布，形成了 EW 向成带，北升南降、地层北斜的抬斜块断式煤田（图 2-2）。上述构造一般以 EW 向生成最早，其次是 NE、NNE 向，最后是 SN 向。

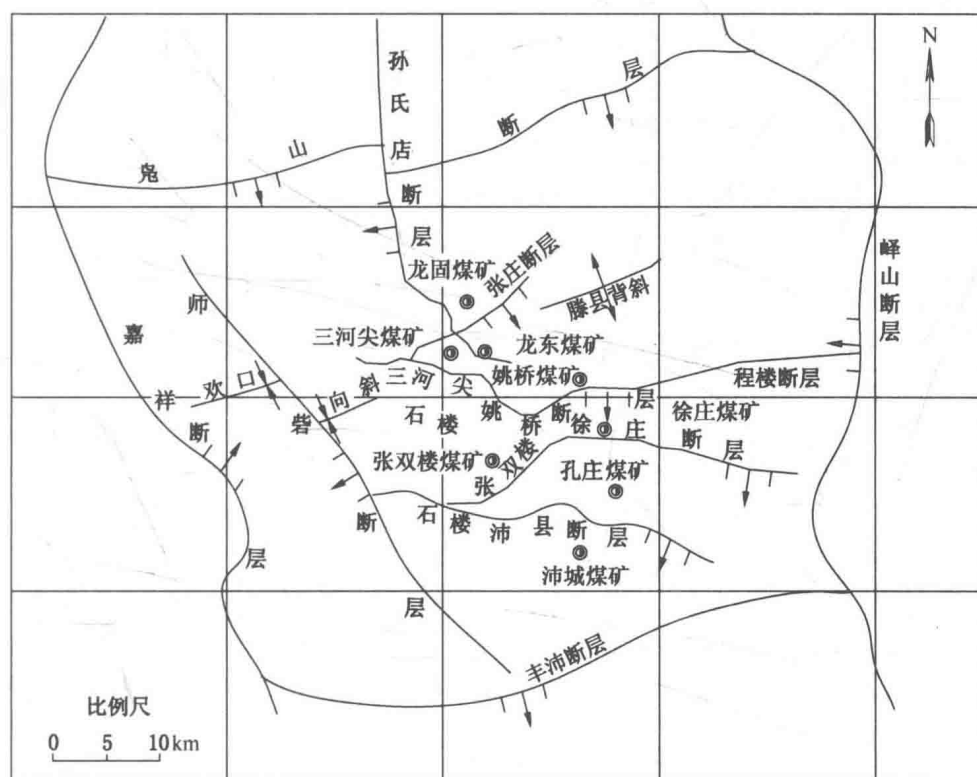


图 2-2 区域构造地质图

2.2 矿区水文地质条件

2.2.1 地表水体

1. 微山湖

微山湖又称为南四湖,包括独山湖、南阳湖、昭阳湖和微山湖(其中前3个为一级湖),南北全长230 km,宽6.8~27.6 km,周长为451 km,总面积为2100 km²,可控蓄水量为17.3亿m³,最大库容量为47.31亿m³。平均水深为1.7 m,汛期最深为3 m。流域面积为31700 km²。狭义的微山湖是指1960年在微山湖湖腰建成的拦湖大坝的下级湖,同昭阳湖、独山湖和南阳湖构成了广义的微山湖。历年最高洪水水位为+37.01 m(1957年7月25日),最低水位为+32.32 m(1962年6月8日),湖底高程为+31.0 m左右,湖堤高程为+40 m左右。矿区最低侵蚀基准面即湖底最低标高为+31.00 m。

2. 京杭大运河

京杭大运河从矿区东部通过,是世界上里程最长、工程最大、最古老的运河之一,全长约1794 km,开凿到现在已有2500多年的历史。大屯矿区上下河段,航道顺直,河湖交织,航道底宽45~60 m,枯水期水深1 m以上,可供100吨级机船常年航行,是徐州煤炭南运的主要水路线路。

3. 大沙河

大沙河源于丰县高寨古黄河溃口处,流向东北,在程子庙附近进入昭阳湖。据龙固集站观测,最高水位为+35.85 m(1973年7月29日)。河床沉积砂,雨季补给第四系含水层,最大洪峰流量为74 m³/s(1973年7月29日),现河堤高程为+39.0~+40.0 m。大沙河位于矿区西北部,距离井田较远,对井田开采影响不大。

2.2.2 含水层

矿区内主要含水层有:第四系砂层(局部为砂含砾)、上侏罗统砾岩、下二叠统下石盒子组砂岩、下二叠统山西组煤层顶板砂岩、上石炭统太原组灰岩和奥陶系灰岩。由于各矿投产时间不同,各含水层厚度及开采条件不同,对矿井开采影响的程度也不同。但存在一个共同特点:各含水层的水位均随时间的推移呈不同程度的下降趋势,个别含水层已呈局部疏干状态。

1. 第四系砂(砾)层孔隙含水层

第四系砂(砾)层孔隙含水层是黄淮冲积平原的一部分,地势平坦,第四系地层两极厚度为66.85~304.9 m,由东向西逐渐增厚,基底局部起伏明显。岩性主要由黏土、砂质黏土及不同粒度的砂土组成。根据岩性组合特征,该含水层分为6个含水层组和5个隔水层组。I含、II含分布稳定,含水丰富,水质良好,是矿区供水及农业生产的主要开采层位;III含较薄,分布不稳定,局部地段缺失;IV含分布尚稳定,是第四系下部的主要含水层;V含、VI含分布不稳定,富水性不均,局部地段合并,直接覆盖于基岩面上,是开采浅部煤层的主要充水水源,也是制约矿井提高开采上限的主要因素。第四系含水层水文地质特征见表2-1,第四系地层综合柱状如图2-3所示。

2. 下白垩-上侏罗统底部砾岩裂隙溶隙含水层

该层厚度大,裂隙发育,水蚀现象严重,矿区内钻孔揭露该层时普遍漏水。该层距可采煤层较远,且多分布在深部,对矿井开采基本无影响。

3. 下石盒子组底部分界砂岩裂隙含水层

该层裂隙发育,钻孔揭露该层时有不同程度的漏水。该层主要通过巷道揭露或通过封